I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCGO und Abiturerlass in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

Standardbezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzen sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht ausgewiesene Kompetenzen für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzen in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	Kompetenzen									
	F1	F2	E1	E2	E3	K1	K2	K3	B1	B2
1.1		X	X			X				
1.2		X								
1.3	X						X			
2.1	X	X		X			X			
2.2	X						X			
2.3	X							X		
3.1		X		X				X		
3.2							X		X	
4.1		X		X						
4.2		X		X						
4.3		X		X						

Inhaltlicher Bezug
Q3: Quanten- und Atomphysik
verbindliche Themenfelder: Eigenschaften von Quantenobjekten (Q3.1), Atommodelle (Q3.2)

II Lösungshinweise und Bewertungsraster

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, sind ebenso zu akzeptieren. Bei den Ergebnissen numerischer Rechnungen ist zu berücksichtigen, dass in der Physik Messwerte und sich daraus ergebende Rechenergebnisse immer nur im Rahmen der Messgenauigkeit korrekt sind und gerundete Werte darstellen. Geringe Abweichungen von den in den Lösungshinweisen angegebenen Werten sind daher zu akzeptieren.
Bei den unten angegebenen Lösungen werden für Naturkonstanten die im Taschenrechner vorhandenen Werte verwendet. Zwischen- und Endergebnisse sind sinnvoll gerundet angegeben.
Für weitere Rechnungen mit diesen Zwischenergebnissen werden nicht die gerundeten, sondern die im Taschenrechner gespeicherten Werte verwendet, damit Rundungsungenauigkeiten nicht kumulieren.

Nicht für den Prüfling bestimmt

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
1.1	Überführen: Balmers Formel lautet: $\lambda_n = 364{,}56\,\text{nm} \cdot \frac{n^2}{n^2-4}$ mit $n = 3, 4, 5, 6, \ldots$	2
	Berechnen: Dies ergibt $\lambda_3 = 364{,}56\ \text{nm} \cdot \frac{3^2}{3^2-4} = 656{,}21\ \text{nm}$ und ebenso $\lambda_4 = 486{,}08$ nm, $\lambda_5 = 434{,}00$ nm, $\lambda_6 = 410{,}13$ nm	2
1.2	Zeigen: Mit der Rydberg-Frequenz bestimmt man zunächst die Frequenz einer Spektrallinie. Z. B: $f = R_{\text{H}} \cdot \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right) = 4{,}5692 \cdot 10^{14}$ Hz . Dann gilt $\lambda = \frac{c_0}{f} = 656{,}12$ nm	3
1.3	Beschreiben: In der Formel kann die 4 im Nenner durch andere Quadratzahlen m^2 ersetzt werden. Für die möglichen Werte von n gilt dann $n > m$.	2
2.1	Beschreiben und erklären: – Auf der Hochachse ist die Gesamtenergie des Elektrons aufgetragen. – Auf der Rechtsachse ist eine Ortskoordinate aufgetragen, die den Bahnradius des Elektrons darstellt. – Die Gesamtenergie hängt vom Bahnradius ab. Sie hat einen hyperbelförmigen Verlauf und geht für *r* gegen null nach minus unendlich. – Der Nullpunkt der Energie ist für ein freies Elektron ohne kinetische Energie festgelegt. – Im gebundenen Zustand hat das Elektron deshalb eine negative Gesamtenergie. – Die horizontalen Streifen stellen die nach Bohr erlaubten Energiezustände dar, wobei der unterste Zustand dem Grundzustand $n = 1$ entspricht. – Die hervorgehobenen Punkte auf der Hyperbel stellen die nach Bohr erlaubten Wertepaare für Gesamtenergie und Bahnradius dar. – Mit steigender Quantenzahl steigt die Energie mit kleiner werdenden Raten an, während der Bahnradius gegen unendlich geht. *Die Erklärung von vier Eigenschaften ist ausreichend.*	8
2.2	Beschreiben: Es kommt zu Übergängen zwischen den erlaubten Bahnen, die mit Emission bzw. Absorption von Lichtquanten der entsprechenden Energiedifferenz einhergehen. Emission tritt auf, wenn der Übergang in eine energieärmere, weiter innen liegende Bahn erfolgt. Absorption im gegenteiligen Fall.	3
	Darstellen: Eine Elektronenbahn auf einer Kreisbahn hätte eine Abstrahlung von elektromagnetischen Wellen zur Folge. Dadurch würde dem Atom permanent Energie entzogen. *Richtige alternative Lösungen sind zu akzeptieren, z. B.: Die Einschränkung auf bestimmte „erlaubte" Bahnen ist durch die klassische Physik nicht zu rechtfertigen.*	2

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
2.3	Erläutern: Zeile (2): Die potenzielle Energie ist durch das elektrische Feld einer Punktladung gegeben. Die kinetische Energie des Elektrons ergibt sich aus seiner Masse und seiner Geschwindigkeit auf der Kreisbahn. Zeile (3): Für die Gesamtenergie müssen beide Energieformen addiert werden. Zeile (4): v_n^2 und $\frac{1}{r_n}$ werden durch die Formeln ersetzt, die sich aus den Bedingungen für die erlaubten Bahnen ergeben. Zeile (5): Der Term wird vereinfacht und der Term mit den Naturkonstanten durch den Wert 13,6 eV ersetzt.	6
	Zeigen: $\left[\frac{e^4 \cdot m_e}{8 \cdot \varepsilon_0^2 \cdot h^2}\right] = 1\frac{C^4 \cdot kg}{\frac{C^2}{V^2 \cdot m^2} \cdot J^2 \cdot s^2} = 1\frac{C^2 \cdot V^2 \cdot m^2 \cdot kg}{J^2 \cdot s^2} = 1\frac{m^2 \cdot kg}{s^2} = 1\,J$	2
3.1	Berechnen: Die Ionisierungsenergie entspricht dem Betrag der Gesamtenergie $\left\|E_{gesamt}\right\| = 13{,}6\ eV \cdot \frac{Z_{eff}^2}{n^2}$ und damit $Z_{eff}(n=2) = 2 \cdot \sqrt{\frac{5{,}37\ eV}{13{,}6\ eV}} = 1{,}26$ usw. Bohrsche Bahn n / Ionisierungsenergie in eV / Lösung: Z_{eff} 2 / 5,37 / 1,26 3 / 2,00 / 1,15 4 / 1,03 / 1,10	4
	Begründen: Die Ladungen der beiden Elektronen auf der inneren Schale schirmen zwei von drei positiven Kernladungen im Bereich der höheren Bahnen ab, somit ist es plausibel, dass man von einer etwa auf den Wert 1 reduzierten Kernladungszahl spricht.	2
3.2	Deuten: Die Werte für Z_{eff} liegen oberhalb von 1 und nehmen zu höheren Bahnen hin ab. Die Abschirmung der Kernladung ist im Bereich der Bahn $n = 2$ nicht vollständig. Sie nimmt aber zu höheren Bahnen hin zu. *Quantenphysikalische Argumentationen, welche die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen in Kernnähe thematisieren, sind zu akzeptieren.*	3
4.1	Berechnen: Mit den Angaben für die Massen des Elektrons, des Protons und des Neutrons aus der Formelsammlung erhält man: $m_p = 1{,}6726 \cdot 10^{-27}\,kg$, $m_n = 1{,}6749 \cdot 10^{-27}\,kg$ und $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\,kg$. Damit: $\beta_D = \frac{(16749 + 16726) \cdot 10^{-31}\,kg}{(16749 + 16726 + 9{,}1) \cdot 10^{-31}\,kg} = 0{,}999728$ und $\beta_H = \frac{16726 \cdot 10^{-31}\,kg}{(16726 + 9{,}1) \cdot 10^{-31}\,kg} = 0{,}999456$	3

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
4.2	Berechnen: $\lambda_D = \dfrac{c}{\beta_D \cdot R_H \cdot \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)} = 656{,}2908\,\text{nm}$ $\lambda_H = 656{,}4696\,\text{nm}$ $\lambda_H - \lambda_D = 0{,}179\,\text{nm}$	4
4.3	Vergleichen: Der Faktor β für Positronium ergibt sich zu 0,5. Damit sind alle Energiestufen bei Positronium halb so groß wie bei normalem Wasserstoff und dementsprechend auch die Energiedifferenzen der Übergänge. Alle Frequenzen halbieren sich, alle Wellenlängen verdoppeln sich.	4
	Summe	**50**

III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO bzw. des Abzugs nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt. Der prozentuale sprachliche Anteil nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO wird auf 20 % festgesetzt.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Im Fach Physik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung je eines Vorschlags aus den Aufgabengruppen A und B, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45 % der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75 % der zu vergebenden BE erreicht werden.

Nicht für den Prüfling bestimmt

Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen

Aufgabe	**Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen**			**Summe**
	AFB I	**AFB II**	**AFB III**	
1	6	3		**9**
2	4	16	1	**21**
3		4	5	**9**
4	5	2	4	**11**
Summe	**15**	**25**	**10**	**50**

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.